SBCPD

Revista Brasileira de Herbicidas

A Journal of The Brazilian Weed Science Society

ISSN (Online) 2236-1065
ISSN (IMPRESSO de 2000 a 2005) 1517-9443

BIOCARVÃO COMO ATENUANTE DA FITOTOXICIDADE DE HERBICIDAS EM MUDAS PRÉ-BROTADAS DE CANA-DE-AÇÚCAR

BIOCHAR AS AN ATTENUANT TO THE HERBICIDES PHYTOTOXICITY IN PRE-SPROUTED SEEDLINGS OF SUGARCANE

Luana Carolina Gomes Jonck[a], Gustavo Dutra Roesler[a], Sara Raquel de Barros Santos[a], Andreia Cristina Silva Hirata[b], Patricia Andrea Monquero[a]*

[a]Centro de Ciências Agrarias, Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, Brasil. [b]APTA/Polo Regional da Alta Sorocabana, São Paulo, Brasil.

***Autor correspondente**: pamonque@ufscar.br.

INFORMAÇÕES DO ARTIGO

Histórico do artigo:
Recebido: 16 Abril 2020.
Aceito: 16 Julho 2020.
Publicado: 03 Agosto 2020.

Palavras-chave/Keywords:
Biocarvão/ Biochar.
Herbicidas/ Herbicides.
Mudas pré-brotadas/ Pre-sprouted seedlings.

Financiamento:
Bolsa de IC FAPESP Processo 2018/15247-5.

Direito Autoral: Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da Licença Creative Commons, que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor e a fonte originais sejam creditados.

Citação deste artigo:
JONCK, L. C. G.; ROESLER, G. D.; SANTOS, S. R. B.; HIRATA, A. C. S.; MONQUERO, P. A. Biocarvão como atenuante da fitotoxicidade de herbicidas em mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 19, n. 1. 2020.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do biocarvão na sensibilidade de mudas pré-brotadas (MPB) ao clomazone, imazapic e indaziflam aplicados em pré-plantio isoladamente ou em associação. Foram avaliadas duas variedades de cana-de-açúcar (RB 975952 e RB 985476). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 4 repetições, em esquema fatorial 9 x 2, sendo nove tratamentos (imazapic 52,5 e 200 g i.a. ha^{-1}, clomazone 1000 g i.a. ha^{-1}, indaziflam 100 g i.a. ha^{-1} e associações de imazapic + clomazone (52,5 + 600; 52,5 + 1000; 200 + 600 e 200 + 1000 g i.a. ha^{-1} e testemunha) e a presença ou ausência do biocarvão no sulco de plantio. A RB 985476 apresentou sensibilidade aos herbicidas clomazone e imazapic. A toxicidade provocada pelos herbicidas imazapic + clomazone diminiu pelo efeito do biocarvão. Para o imazapic não houve efeito do biocarvão na redução da fitotoxicidade. Em relação a RB 975952 foi verificada sensibilidade ao clomazone + imazapic e clomazone isolado, sendo o biocarvão eficaz na redução da fitotoxicidade. O indaziflam foi seletivo para as duas variedades. Pode-se concluir que o biocarvão atuou de forma efetiva para clomazone isolado ou em associação com o imazapic, sendo pouco efetivo para o herbicida imazapic isolado.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the effect of biochar on the sensitivity of pre-sprouted seedlings (MPB) of sugarcane to the clomazone, imazapic and indaziflam applied in pre-planting alone or in combination. Two varieties of sugarcane (RB 975952 and RB 985476) were evaluated. The experimental design was completely randomized with 4 replications, using a 9 x 2 factorial scheme, with nine treatments (imazapic 52.5 and 200 g ia ha-1, clomazone 1000 g ia ha^{-1}, indaziflam 100 g i.a. ha^{-1}, associations of imazapic + clomazone (52.5 + 600; 52.5 + 1000; 200 + 600 and 200 + 1000 g ia ha^{-1} and control) and the presence or absence of biochar in the planting furrow pre-sprouted. The variety RB 985476 showed sensitivity to the herbicides clomazone and imazapic in pre-planting. The toxicity caused by the herbicides imazapic + clomazone decreased due to the effect of biochar. Regarding the RB 975952 variety, sensitivity to clomazone alone and in the mixture with imazapic was verified, being the biochar effective in reducing phytotoxicity. Indaziflan was selective for the two varieties of MPB's. The biochar acted more effectively for the clomazone alone or in a mixture with imazapic, being ineffective for the herbicide imazapic alone.

VISIT…

LANZAROTE Caliente.com

1. Introdução

A implantação da cultura da cana-de-açúcar por meio de mudas pré-brotadas (MPB's) pode substituir o uso de toletes. Essas mudas são previamente tratadas com inseticidas e fungicidas em casa de vegetação. Entre as vantagens do uso de MPB's estão a elevação do padrão de fitossanidade, vigor e uniformidade do plantio, além da utilização de um menor número de matéria prima para o plantio, o que reduz os custos de produção quando comparado ao sistema convencional (LANDELL et al., 2012).

Devido às alterações no sistema de plantio da cana-de-açúcar, algumas etapas do processo de produção da cultura devem sofrer alterações e adequações, como é o caso do controle químico de plantas daninhas (GARCIA, 2016). As MPB's requerem manejo eficiente dos defensivos, visto que são plantadas com sistema radicular completo, sensível a resíduos presentes no solo, podendo ocorrer risco de fitotoxicidade pelos herbicidas.

Alguns herbicidas são utilizados frequentemente na cultura da cana-de-açúcar, dentre eles destacam-se o imazapic, clomazone e indaziflam. O imazapic causa inibição da síntese dos aminoácidos ramificados (leucina, isoleucina e valina), através da inibição da enzima acetolactato sintase (ALS), interrompendo a síntese proteica, que, por sua vez, interfere na síntese do DNA e no crescimento celular (EBERLEIN et al., 1997). Azania, Casagrande e Rolim (2001) avaliaram a seletividade de imazapic (73,5; 98,0 e 122,5 g ha^{-1}) nas soqueiras de cana-de-açúcar, cultivar RB 835089, comparado a imazapyr (125,0 g ha^{-1}) e tebuthiuron (1.100 g ha^{-1}). Os herbicidas causaram leves sintomas de intoxicação inicial nas plantas, com total recuperação aos 100 dias após a aplicação, sem prejuízo da produtividade e qualidade da matéria prima.

O herbicida clomazone pertence ao grupo químico das isoxazolidinonas, o qual atua no processo da fotossíntese, inibindo uma enzima da rota de síntese dos carotenoides, protetora da clorofila. As folhas das plantas sensíveis a este herbicida tornam-se brancas sob sua ação, sendo sintoma característico desse grupo de herbicidas (SENSEMAN, 2007). O clomazone aplicado no plantio de toletes da variedade RB 86 7515 de cana-de-açúcar em pré-emergência da cultura, apresentou leve fitotoxicidade após a brotação da cana-de-açúcar, porém os danos visuais não refletiram em perdas significativas de rendimento ou de qualidade de colmos (BARELA; CHRISTOFFOLETI, 2006). Ao posicionar o clomazone em soqueira, Fagliari, Oliveira Júnior e Constantin (2001) observaram que o herbicida aplicado isoladamente em cana-de-açúcar em pós-emergência inicial não diferiu da testemunha quanto a produtividade.

Pertencente a classe química Alquilazina, o indaziflam possui mecanismo de ação caracterizado pela inibição da biossíntese de celulose, o qual impossibilita a formação de novas células da parede celular, ocasionando a paralisação do crescimento da planta (GUERRA et al., 2013). Registrado para a cana-de-açúcar como um herbicida pré-emergente de amplo-espectro de ação, o indaziflam é caracterizado por apresentar longo período residual no solo, o que pode ocasionar intoxicação de culturas que tenham o sistema radicular exposto a molécula (DIAS et al., 2019). Kawamoto, Leite e Souza (2018) observaram na aplicação de diferentes doses de indaziflam em mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar da variedade CTC16, a redução significativa da altura, diâmetro de colo e número de folhas das plantas. Hijano (2016) observou-se para as variedades RB966928 e CTC14, a morte de mudas de cana-de-açúcar quando indaziflam foi aplicado em pré-plantio nas doses 37,5; 56,25; 75,00;112,5 g. i.a ha^{-1}.

Estes herbicidas são registrados como seletivos para cana-de-açúcar quando em plantio convencional por toletes. Entretanto, existem raras informações acerca da interferência de imazapic, clomazone e indaziflam quando aplicados isolados ou em associação (OBARA et al., 2015) no sistema de plantio com mudas pré-brotadas.

Alguns estudos têm mostrado que a incorporação de pequenas quantidades de carvão ao solo, pode ser uma prática eficaz para reduzir o impacto ambiental decorrente do uso de produtos fitossanitários, uma vez que com o uso biocarvão pode-se aumentar a capacidade sortiva do solo (DELWICHE; LEHMANN; WALTER, 2014; XU et al., 2012). Entretanto, estudos com o uso do biocarvão como ferramenta para aumentar a seletividade de herbicidas são também escassos. O biocarvão é um produto rico em carbono, sendo obtido por aquecimento de uma biomassa num sistema fechado com alimentação limitada de oxigênio (MAIA; LIMA; GUIOTOKU, 2013).

Como o clomazone, imazapic e indaziflam apresentam moderada capacidade de sorção ao solo e mobilidade reduzida em solos com alto teor de matéria orgânica (AMIM et al., 2014; NOLDIN et al., 2001; REGITANO et al., 1997) assim com a adição do carvão, o movimento desses herbicidas no solo pode ser minimizado, o que alteraria a capacidade sortiva do solo. Desse modo, a hipótese do trabalho é que o biocarvão permita a aplicação destes herbicidas em pré-emergência em áreas com MPB, sem que ocorra toxicidade elevada nas MPBs de cana-de-açúcar.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do biocarvão na sensibilidade de duas variedades em mudas pré -brotadas (MPB) de cana-de-açúcar aos herbicidas clomazone, imazapic e indaziflam aplicados em pré-plantio, isoladamente ou em associação.

2. Material e Métodos

O experimento foi conduzido na casa-de-vegetação do Centro de Ciências Agrárias (CCA), da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), em Araras, SP, entre as coordenadas geográficas de 22º21'25"S e 47º23'03"W e altitude de 629 m.

As unidades experimentais foram constituídas de vasos de polietileno com capacidade volumétrica de 5 litros, preenchidos com amostras de solo do tipo Latossolo Vermelho Escuro, cuja análise química é apresentada na Tabela 1. Não foi necessaria a realização da correção do solo.

Tabela 1. Análise química de amostras do solo utilizada no experimento.

Latossolo Vermelho Escuro									
P	M.O.	pH	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V
mg dm^{-3}	g dm^{-3}	Ca CI_2	molc dm^{-3}			%			%
19	32	5,4	2,7	60	10	31	72,7	103,7	70

Foram utilizadas duas variedades de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar (RB 975952 e RB 985476), as quais são variedades novas e com alta performace no estado de São Paulo no sistema MPB. As mudas foram plantadas em vasos de polietileno 60 dias após a brotação das gemas, sendo que nos tratamentos com adição de biocarvão foram abertos sulcos para o plantio das mudas e depositado 0,5 kg de biocarvão por m², segundo metodologia descrita por Soni et al. (2015).

O carvão foi produzido pela pirólise de plantas de *Pinus caribae*. O processo de pirólise da biomassa foi realizado em atmosfera de CO_2, por um período de 6 horas, na temperatura de 400 ºC. Posteriormente, o carvão foi triturado e peneirado. As partículas utilizadas apresentavam de 0,3 – 0,5 mm de diâmetro.

Os ensaios foram realizados separadamente para cada variedade de cana-de-açúcar sendo o delineamento experimental inteiramente casualizado com 4 repetições, em esquema fatorial 9 x 2. O primeiro fator foi constituído por nove tratamentos, com diferentes herbicidas e doses: imazapic (52,5 e 200 g i.a. ha^{-1}), clomazone (1000 g i.a. ha^{-1}), indaziflam (100 g i.a. ha^{-1}), associações de imazapic + clomazone (52,5 + 600; 52,5 + 1000; 200 + 600 e 200 + 1000 g i.a. ha^{-1}) e testemunha sem herbicida (Tabela 2). No segundo fator foi avaliado o efeito da presença ou ausência do biocarvão no sulco de plantio.

Tabela 2. Tratamentos utilizados nas mudas-pré-brotadas na presença e ausência do biocarvão.

Tratamentos	g i.a ha^{-1}
1- Testemunha	-
2- Imazapic	52,5
3- Imazapic	200
4- Clomazone	1000
5- Indaziflam	100
6- Imazapic + Clomazone	52,5 + 600
7- Imazapic + Clomazone	52,5 + 1000
8- Imazapic + Clomazone	200 + 600
9- Imazapic + Clomazone	200 + 1000

i.a = ingrediente ativo.

Os tratamentos foram aplicados utilizando-se pulverizador costal pressurizado por CO_2 a pressão constante de 245,16 kPa e barra de aplicação provida de 4 bicos com pontas de pulverização do tipo leque 110.03. O volume de calda utilizado foi de 200 L ha^{-1}, sendo a aplicação em pré-plantio realizada um dia antes do transplante. A irrigação das mudas foi realizada diariamente por sistema de aspersão, com 8 mm por dia.

As avaliações visuais de fitotoxicidade dos herbicidas foram realizadas aos 7, 14, 28, e 56 dias após a aplicação dos herbicidas (DAA). A metodologia utilizada, proposta por Velini, Osipe e Gazziero (1995) foi a de notas, onde 0 % correspondeu a ausência de sintomas e 100 % morte das plantas.

Aos 7 e 56 DAA foi avaliada a altura das plantas, a partir da base até a inserção da primeira folha. Aos 56 DAA foi avaliada a área foliar das MPB's, utilizando-se a metodologia proposta por Francis, Rutger and Palmer (1969), onde o cálculo da área foliar é estimado por meio da equação: AF = C x L x 0,75 (AF = área da folha, C = comprimento da folha, L = maior largura da folha). Adicionalmente foram determinados os teores de clorofila, utilizando-se clorofilômetro ClorofiLOG® na folha + 2 com 10 medições por planta para compor a média de uma leitura, e a biomassa seca da parte aérea. Para a determinação da biomassa, as mudas foram cortadas rente ao solo e colocadas em estufa de circulação forçada de ar a 65°C até obtenção do peso da massa seca constante.

Os dados foram submetidos a análise de variância, e quando significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

3. Resultados e Discussão

Variedade RB985476

Na aplicação dos herbicidas em pré-plantio da variedade RB985476, pode-se verificar a ausência de

injúrias na avaliação inicial, independentemente da adição do biocarvão. Contudo, aos 14 DAA houve efeito do biocarvão, com redução da fitotoxicidade nas mudas de cana-de-açúcar no tratamento que recebeu as maiores doses da mistura imazapic+clomazone (200 + 1000 g i.a ha^{-1}) (Tabela 3).

Tabela 3. Porcentagem de fitotoxicidade de herbicidas aplicados em pré-plantio de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar da variedade RB985476 com e sem uso de biocarvão aos 7, 14, 28 e 56 DAA.

		7 DAA		14 DAA	
Tratamento	Doses g i.a ha^{-1}	CB	SB	CB	SB
Testemunha	-	0,00aA	0,00aA	0,00aA	0,00bA
Imazapic	52,5	0,00aA	0,00aA	6,25aA	5,00abA
Imazapic	200	0,00aA	0,00aA	6,25aA	16,25abA
Clomazone	1000	0,00aA	0,00aA	0,00aA	8,75abA
Imazapic+Clomazone	52,5+600	0,00aA	0,00aA	0,00aA	0,00bA
Imazapic+Clomazone	52,5+1000	0,00aA	0,00 aA	0,00aA	10,00abA
Imazapic+Clomazone	200+600	0,00aA	0,00 aA	0,00aA	0,00bA
Imazapic+Clomazone	200+1000	0,00aA	0,00aA	7,50aB	21,25aA
Indaziflam	100	0,00aA	0,00aA	0,00aA	0,00bA
DMS		0,00	0,00	8,85	4,29
CV%		-	-	115,35	156,68
		28 DAA		**56 DAA**	
	Doses g i.a ha^{-1}	CB	SB	CB	SB
Testemunha	-	0,00aA	0,00bA	0,00bA	0,00bA
Imazapic	52,5	3,75aA	5,00abA	35,00abA	20,00abA
Imazapic	200	6,25aA	27,50abA	42,50aA	30,00abA
Clomazone	1000	0,00aB	25,00abA	0,00bB	40,00aA
Imazapic+Clomazone	52,5+600	0,00aA	0,00bA	0,00bA	0,00bA
Imazapic+Clomazone	52,5+1000	0,00aB	35,00aA	0,00bB	38,75abA
Imazapic+Clomazone	200+600	0,00aA	0,00bA	0,00bA	0,00bA
Imazapic+Clomazone	200+1000	12,50aB	37,50aA	12,50abB	46,25aA
Indaziflam	100	0,00aA	0,00bA	0,00bA	0,00bA
DMS		19,02	8,07	24,61	9,56
CV%		132,10	196,97	98,37	134,31

*CB = com biocarvão.; SB = sem biocarvão. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Letras minúsculas são comparadas na vertical e letras maiúsculas na horizontal pelo teste de Tukey 5%.

Aos 28 e 56 DAA houve aumento dos sintomas de fitotoxicidade dos herbicidas à excessão da associação imazapic + clomazone nas doses 52,5 + 600 g i.a. ha^{-1} e 200 + 600 g i.a. ha^{-1} e do indaziflam, os quais não foram fitotóxicos para a cultura nesta modalidade de aplicação, independentemente da utilização do biocarvão. Em relação ao indaziflam, os resultados diferem dos encontrados por Silva et al. (2019), os quais verificaram sintomas de fitointoxicação de 100% aos 60 dias após a aplicação de indaziflam (0,075 g i.a ha^{-1}) em mudas pré-brotadas da variedade RB 867515. A discordância dos resultados pode ser explicada pelo fato de que cultivares de cana-de-açúcar podem apresentar respostas diferentes à aplicação de um mesmo herbicida, devido as suas distinções varietais (ORZARI, 2015).

Os mais altos valores de fitointoxicação das mudas foram observados quando a dose do clomazone foi aumentada na mistura com o imazapic (52,5 + 1000 g i.a. ha^{-1} e 200 + 1000 g i.a. ha^{-1}), assim como o clomazone isolado (1000 g i.a. ha^{-1}), com valores de 38,7; 46,2 e 40,0% de fitotoxicidade, respectivamente. Folhas albinas, sintoma característico do herbicida clomazone foram observadas. Todavia, a utilização do biocarvão apresentou elevado efeito na redução da fitotoxicidade destes tratamentos para as mudas, os quais se igualaram à testemunha sem herbicida.

Os resultados corroboram com Sabbag et al. (2017), que encontraram médias similares de fitointoxicação para mudas pré-brotadas da variedade RB975201, quando o herbicida clomazone foi aplicado sozinho e em mistura com saflufenacil.

O clomazone é um herbicida não ionizável, que pode permanecer em atividade durante longos períodos na solução do solo (PACHECO; DAMIN; NAVES, 2015). A atuação benéfica do biocarvão é explicada pela sua ação no aumento dos teores de matéria orgânica do solo, sendo este um dos principais fatores que reduzem a mobilidade dos herbicidas, visto que a ação dessas moléculas no solo é controlada por processos sortivos, o que influencia diretamente a eficiência dos herbicidas (PACHECO, 2017). De acordo com Gámiz et al. (2017) o biocarvão influenciou na disponibilidade dos herbicidas clomazone e bispyribac sodium quando aplicados em pré-emergência. Tendo assim também, um aspecto adverso do menor controle das plantas daninhas, com o uso do biocarvão.

Estudos mostraram que as atividades dos herbicidas atrazine e pendimenthalin foram reduzidas na presença de biocarvão devido ao aumento na adsorção dos herbicidas.

Em condições de campo, 0,5 kg m^{-2} de biocarvão reduziu o controle das plantas daninhas por atrazine e pendimenthalin em 75 e 60%, respectivamente (SONI et al., 2015).

Pode-se observar também aos 56 DAA, que as mudas pré-brotadas que receberam a aplicação de imazapic, isoladamente em pré-plantio, nas doses 52,5 e 200 g i.a ha^{-1} apresentaram sintomas de injúrias para ambos esquemas de plantio, evidenciando que o biocarvão não apresentou efeito para este herbicida (Tabela 3). A mistura com clomazone (menor dose) nestas mesmas doses de imazapic (52,5 e 200 g i.a ha^{-1}), por outro lado, não provocou fitotoxicidade, o que poderia ser devido algum efeito antagonista entre os herbicidas.

De acordo com Saba Yavari et al. (2016), a temperatura de conversão mais baixa (300 ° C) aumenta os grupos funcionais da superfície dos materiais. Os biocarvões de frutos vazios de óleo de palma produzidos em 300 ° C foram os mais eficazes, que aumentaram a sorção de imazapic e imazapyr em até 59,90% e 69,94%, respectivamente. De acordo com os autores, as propriedades de sorção dos "biocarvões" foram diretamente controladas pelas variáveis de produção (tipo de matéria-prima e temperatura de pirólise) e os mecanismos de sorção foram determinados com base nas características físico-químicas (polaridade, hidrofilicidade e ionização) das moléculas de sorbato. Sintomas de fitotoxicidade por este herbicida também foram registrados por Durigan, Timossi e Correia (2005) na variedade SP 86042 na aplicação em pré-emergência, os quais observaram retardo inicial no desenvolvimento e clorose generalizada, a qual se estendeu por 65 DAA.

Em relação à altura das mudas aos 56 DAA, apenas os tratamentos com imazapic aplicado isoladamente diferiram da testemunha, com valores de altura inferiores (Tabela 4).

Azania, Casagrande e Rolim (2001) não observaram diferenças significativas na altura de plantas de cana-de-açúcar da variedade RB835089, quando foram aplicadas diferentes doses de imazapic em pós-emergência inicial das soqueiras. Contudo, é valido ressaltar que as diferenças nos resultados obtidos podem ter sido causadas pelo diferente posicionamento espacial do herbicida visto que neste experimento a aplicação foi realizada em pré-plantio de mudas pré-brotadas.

Em alguns tratamentos houve pequenos efeitos na altura das plantas com a ação do biocarvão e mesmo na testemunha sem herbicida, o que pode ser atribuído ao incremento em matéria orgânica (Tabela 4). Neto et al. (2015) não encontraram diferenças significativas na altura de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar da variedade IACSP95-500 quando diferentes herbicidas foram aplicados em pré-plantio.

Tabela 4. Altura (cm), clorofila total, área foliar (cm^2), e biomassa da parte área (g) de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar da variedade RB985476 tratadas com diferentes herbicidas aplicados em pré-plantio com ou sem biocarvão aos 56 DAA.

		Altura (cm)		Clorofila	
Tratamento	Doses g i.a ha^{-1}	CB	SB	CB	SB
Testemunha	-	25,00 aA	17,75 abB	27,08 aB	36,93 aA
Imazapic	52,5	17,00 bA	17,25 abA	28,53 aA	28,40 abcA
Imazapic	200	17,00 bA	16,00 bA	31,33 aA	28,55 abcA
Clomazone	1000	23,75 abA	17,25 abB	26,15 aA	24,23 bcA
Imazapic+Clomazone	52,5+600	21,50 abA	23,50 aA	26,63 aA	25,28 bcA
Imazapic+Clomazone	52,5+1000	25,25 aA	18,75 abB	25,08 aA	27,98 abcA
Imazapic+Clomazone	200+600	22,75 abA	21,50 abA	23,58 aB	36,88 aA
Imazapic+Clomazone	200+1000	24,00 abA	19,75 abA	25,23 aA	17,30 cB
Indaziflam	100	23,25 abA	24,50 aA	29,08 aA	31,35 abA
DMS		4,83	1,72	8,25	2,48
CV%		13,62	17,07	17,50	18,48

		Área Foliar (cm^2)		Biomassa (g)	
Tratamento	Doses g i.a ha^{-1}	CB	SB	CB	SB
Testemunha	-	82,68 abA	75,84 abcA	8,41 aA	4,68 abB
Imazapic	52,5	53,10 bA	51,75 bcA	3,41 bcA	3,03 bA
Imazapic	200	55,03 bA	43,71 cA	2,99 cA	2,33 bA
Clomazone	1000	90,08 abA	72,55 abcA	6,82 abA	5,17 abA
Imazapic+Clomazone	52,5+600	78,95 abA	77,38 abcA	6,35 abcA	6,92 aA
Imazapic+Clomazone	52,5+1000	94,80 aA	71,65 abcB	7,63 aA	4,38 abB
Imazapic+Clomazone	200+600	80,53 abA	97,98 aA	6,56 abA	7,05 aA
Imazapic+Clomazone	200+1000	93,95 aA	82,78 abA	7,70 aA	5,29 abA
Indaziflam	100	81,35 abA	95,68 aA	7,52 aA	7,21 aA
DMS		29,67	7,14	2,29	0,82
CV%		22,77	19,25	23,42	29,42

CB = com biocarvão.; SB = sem biocarvão. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Letras minúsculas são comparadas na vertical e letras maiúsculas na horizontal pelo teste de Tukey 5%.

Quanto ao teor de clorofila total das mudas pré-brotadas não houve diferença entre os tratamentos com a utilização do biocarvão e pequenas diferenças foram verificadas sem o biocarvão, sendo que inclusive a testemunha sem herbicida difere entre os tratamentos com ou sem biocarvão. O efeito mais discrepante foi do tratamento na maior dose do imazapic+clomazone 200+1000 g i.a ha^{-1} sem a adição de biocarvão, onde foram observados os menores valores de clorofila (Tabela 4).

Para a área foliar e biomassa seca das mudas, observou-se as menores médias nos tratamentos com imazapic aplicado isoladamente em ambas as doses independentemente da utilização do biocarvão (Tabela 4). Os dados de área foliar e biomassa seca evidenciaram que os efeitos visuais de fitotoxicidade verificados nos tratamentos com clomazone nas maiores doses não interferiram nestas variáveis, evidenciando potencial uso destes herbicidas nesta modalidade de aplicação.

Variedade RB 975952

Sintomas de fitointoxicação das mudas pré-brotadas da variedade RB 975952 na modalidade de aplicação em pré-plantio somente foram observados a partir dos 14 DAA, para as misturas imazapic + clomazone e clomazone sem biocarvão. Aos 28 DAA além das misturas imazapic + clomazone, o clomazone na dose de 1000 g i.a ha^{-1} sem biocarvão, foram encontrados resultados médios de fitointoxicação. Entretanto, aos 56 DAA houve decréscimo dos sintomas demonstrando recuperação das plantas (Tabela 5). Os resultados corroboram com Perez (2017), que verificou em mudas pré-brotadas da variedade CTC 11, sintomas de fitointoxicação leves não ultrapassando 30%, quando clomazone foi aplicado em pré-plantio. Os resultados também estão de acordo com os de Silva et al. (2019), que verificaram para as mudas pré-brotadas da variedade CTC 9001 fitointoxicação de 30% aos 15 DAA com recuperação aos 60 DAA.

Tabela 5. Porcentagem de fitotoxicidade de herbicidas aplicados em pré-plantio de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar da variedade RB975952 com e sem uso de biochar aos 7,14, 28 e 56 DAA.

		7 DAA		14 DAA	
Tratamento	Doses g i.a ha^{-1}	CB	SB	CB	SB
Testemunha	-	0,00 aA	0,00 aA	0,00 aA	0,00 bA
Imazapic	52,5	0,00 aA	0,00 aA	0,00 aA	0,00 bA
Imazapic	200	0,00 aA	0,00 aA	0,00 aA	0,00 bA
Clomazone	1000	0,00 aA	0,00 aA	0,00 aB	6,25 bA
Imazapic+Clomazone	52,5+600	0,00 aA	0,00 aA	0,00 aA	3,75 bA
Imazapic+Clomazone	52,5+1000	0,00 aA	0,00 aA	0,00 aB	62,50 aA
Imazapic+Clomazone	200+600	0,00 aA	0,00 aA	0,00 aA	0,00 bA
Imazapic+Clomazone	200+1000	0,00 aA	0,00 aA	0,00 aA	0,00 bA
Indaziflam	100	0,00 aA	0,00 aA	0,00 aA	0,00 bA
DMS		0,00	0,00	5,48	1,63
CV%		-	-	80,02	83,62
		28 DAA		56 DAA	
Tratamento	Doses g i.a ha^{-1}	CB	SB	CB	SB
Testemunha	-	0,00 aA	0,00 cA	0,00 aA	0,00 cA
Imazapic	52,5	0,00 aA	0,00 cA	0,00 aA	0,00 cA
Imazapic	200	2,50 aA	0,00 cA	0,00 aB	7,50 bcA
Clomazone	1000	0,00 aB	57,50 abA	0,00 aB	26,25 aA
Imazapic+Clomazone	52,5+600	2,50 aB	45,00 bA	0,00 aB	17,50 abA
Imazapic+Clomazone	52,5+1000	0,00 aB	70,00 aA	0,00 aB	23,75 aA
Imazapic+Clomazone	200+600	5,00 aB	30,00 bA	0,00 aB	10,00 bA
Imazapic+Clomazone	200+1000	0,00 aB	75,00 aA	0,00 aB	25,00 aA
Indaziflam	100	0,00 aA	0,00 cA	0,00 aA	0,00 cA
DMS		16,01	4,38	7,31	2,32
CV%		95,55	91,80	103,20	114,89

CB = com biochar.; Sb = sem biochar. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Letras minúsculas são comparadas na vertical e letras maiúsculas na horizontal pelo teste de Tukey 5%.

Em relação à altura das plantas, não houve diferenças dos tratamentos em relação à testemunha sem herbicida (Tabela 6). Todavia, para alguns tratamentos, em geral com o clomazone, pode ser verificado efeito positivo do biocarvão quando comparado com o tratamento sem adição deste. Hijano (2016) encontrou diferenças significativas nas alturas de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar da variedade RB966928 quando diferentes tratamentos herbicidas foram aplicados em pré-plantio.

Tabela 6. Altura (cm), clorofila total, área foliar (cm²), e biomassa seca da parte aérea (g) em mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar da variedade RB975952 tratadas com diferentes herbicidas aplicados em pré-plantio com ou sem biocarvão aos 56 DAA.

		Altura (cm)		Clorofila	
Tratamento	Doses g i.a ha^{-1}	CB	SB	CB	SB
Testemunha	-	23,25 abA	27,25 aA	33,20 abA	38,80 abA
Imazapic	52,5	27,50 abA	24,75 aA	37,23 abA	33,68 abA
Imazapic	200	20,50 bA	24,75 aA	28,93 bA	34,65 abA
Clomazone	1000	29,00 abA	21,00 aB	34,90 abA	35,88 abA
Imazapic+Clomazone	52,5+600	28,75 abA	24,25 aA	39,68 aA	30,50 abB
Imazapic+Clomazone	52,5+1000	31,00 aA	23,25 aB	37,15 abA	39,60 aA
Imazapic+Clomazone	200+600	30,50 abA	23,00 aB	33,98 abA	29,55 bA
Imazapic+Clomazone	200+1000	28,75 abA	27,00 aA	30,45 abA	29,70 bA
Indaziflam	100	25,75 abA	24,75 aA	38,58 abA	35,70 abA
DMS		6,76	2,33	7,41	2,07
CV%		15,40	18,65	12,61	12,38
		Área Foliar (cm²)		Biomassa (g)	
Tratamento	Doses g i.a ha^{-1}	CB	SB	CB	SB
Testemunha	-	94,55 aA	85,18 aA	8,83 abA	12,42 aA
Imazapic	52,5	91,78 aA	87,50 aA	10,22 abA	11,32 aA
Imazapic	200	71,43 aA	80,98 aA	6,09 bA	9,26 aA
Clomazone	1000	85,90 aA	83,18 aA	9,56 abA	6,60 aA
Imazapic+Clomazone	52,5+600	76,45 aA	78,78 aA	11,28 abA	8,54 aA
Imazapic+Clomazone	52,5+1000	114,98 aA	89,83 aA	14,97 aA	6,00 aB
Imazapic+Clomazone	200+600	107,93 aA	67,73 aB	9,19 abA	10,44 aA
Imazapic+Clomazone	200+1000	96,88 aA	83,23 aA	13,64 abA	11,70 aA
Indaziflam	100	92,95 aA	76,18 aA	6,86 bA	9,18 aA
DMS		33,54	9,06	5,46	1,72
CV%		22,69	21,53	32,83	36,38

CB = com biocarvão.; Sb = sem biocarvão. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Letras minúsculas são comparadas na vertical e letras maiúsculas na horizontal pelo teste de Tukey 5%.

Para o teor de clorofila total não houve diferenças em relação à testemunha. Quanto a presença de biocarvão, apenas o tratamento imazapic + clomazone 52,5 + 600 g i.a ha^{-1} evidenciou efeito positivo no teor de clorofila (Tabela 6). Os resultados corroboram com Perez (2017), que após 60 DAA não constatou diferenças significativas no teor de clorofila de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar da variedade CTC 11 quando o clomazone foi aplicado em pré-plantio das mudas nas doses de 270, 540, 1080 e 2060 g i.a ha^{-1}.

Quanto a área foliar também não houve diferenças dos tratamentos em relação à testemunha sem herbicida com ou sem o biocarvão. É possível observar que apenas a mistura de imazapic + clomazone nas doses 200 + 600 g i.a ha^{-1} com biocarvão mostrou diferença estatística em comparação ao mesmo tratamento sem biocarvão. Para a biomassa seca também não houve diferenças em relação à testemunha sem herbicida, independentemente da adição do biocarvão. Apenas para o tratamento imazapic + clomazone 52,5 + 1000 g i.a ha^{-1} sem biocarvão apresentou desempenho inferior quando comparado ao mesmo tratamento com biocarvão (Tabela 6).

Considerando que não houve diferenças em relação à testemunha para as variáveis altura, clorofila, área foliar e biomassa, com ou sem o biocarvão, algumas diferenças apontadas para alguns tratamentos com efeito positivo do

biocarvão pode ser atribuído ao seu efeito orgânico isolado no crescimento da planta associado a efeitos isolados na adsorção dos herbicidas, evidenciando um processo complexo. De acordo com Silva et al. (2018) o biocarvão tem potencial para atuar como um fertilizante, com aumento da capacidade de troca de cátions, matéria orgânica e pH, os quais são importantes fatores que afetam os processos de sorção de nutrientes e compostos orgânicos no solo.

A atuação do biocarvão na diminuição das injúrias causadas pela intoxicação aos herbicidas é justificada pelas características físico-químicas do biocarvão, tais como elevada porosidade e grande área superficial, que lhe confere a capacidade de ser eficiente na adsorção e sequestro de substâncias presentes no solo (LI et al., 2018). Devido adsorção física, e as ligações eletrostáticas e hidrofóbicas que podem ocorrer entre as moléculas dos herbicidas e as partículas do biocarvão, é possível que ocorram mudanças no comportamento esperado desses herbicidas, podendo modificar o transporte e disponibilidade dessas substâncias no solo (MENDES et al., 2019).

4. Conclusões

O biocarvão se mostrou eficiente em diminuir a fitotoxicidade provocada por clomazone+imazapic e clomazone isolado na variedade RB 985476. Entretanto para imazapic aplicado isoladamente não houve efeito do biocarvão. Para a variedade RB 975952 houve sensibilidade ao herbicida clomazone isolado e em associação com o imazapic em pré-plantio, sendo o biocarvão eficaz na redução desse efeito. O clomazone aplicado isoladamente ou em mistura com o imazapic apresentou efeito do biocarvão na redução da fitotoxicidade. Para o imazapic isolado não há evidência de efeito do biocarvão.

Agradecimentos

Os autores agradecem a FAPESP pela bolsa de iniciação concedida a primeira autora.

Referências

Amim, R. T.; Freitas, S. P.; Freitas, I. L. J.; Gravina, G. A.; Paes, H. M. F. Comtrole de plantas daninhas pelo indaziflam em solos com diferentes características físico-químicas. **Planta Daninhas**, v. 32, n. 4, p. 791-800, 2014.

Azania, C. A.; Casagrande, A. A.; Rolim, J. C. Seletividade de Imazapic às soqueiras de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). **Planta Daninha**, v. 19, n.3, p. 345-350, 2001.

Barela, J. F.; Christoffoleti, P. J. Seletividade de herbicidas aplicados em pré-emergência da cultura da cana-de-açúcar (RB 867515) tratada com nematicidas. **Planta Daninha**, v. 24, n. 2, p. 371-378, 2006.

Dias, R. C.; Gomes, D. M.; Anunciato, V. M.; Bianchi, L.; Simões, P. S.; Carbonari, C. A.; Velini, E. D. Seleção de espécies bioindicadoras para o herbicida indaziflam. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 18, n. 2, p. 1-11, 2019.

Delwiche, K. B.; Lehmann, J.; Walter, M. T. Atrazine leaching from biochar-amended soils. **Chemosphere**, v. 95, n. 1, p. 346-352, 2014.

Durigan, J. C., Timossi, P. C., Correia, N. M. Densidade e Manejo químico de Tiririca na produtividade de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 233, n. 3, p.463-469, 2015.

Eberlein, C. V.; Guttieri, M. J.; Mallory-Smith, C. A.; Thill, D. C.; Baerg, R. J. Altered acetolactate synthase activity in ALS-inhibitor resistant prickly lettuce (*Lactuca serriola*). **Weed Science**, v.45, n. 2, p. 212-217, 1997.

Fagliari, J. R.; Oliveira Júnior, R. S.; Constantin, J. Métodos de avaliação da seletividade de herbicidas para a cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). **Acta Scientiarum**, v. 23, n. 5, p. 1229-1234, 2001.

Francis, C. A.; Rutger, J. N.; Palmer, A. F. E. A. Rapid Method for Plant Leaf Area Estimation in Maize (*Zea mays L.*). **Crop Science**, v. 9, n. 5, p. 537-539, 1969.

Gámiz, B.; Velarde, P.; Spokas, K. A.; Hermosín, M. C.; Cox, L. Biochar Soil Additions Affect Herbicide Fate: Importance of Application Timing and Feedstock Species. **Journal Agriculture Food and Chemistry**, v. 65, n. 15, p. 3109-3117, 2017.

Garcia, M. P. **Seletividade de tratamentos herbicidas em mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar CTC14**. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP, Brasil, 2016.

Guerra, N.; Oliveira Júnior, R. S.; Comstantin, J.; Neto, A, M, O.; Braz, G, B, P. Aminocyclopyrachlor e indaziflam: Seletividade, controle e comportamento no ambiente. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 12, n. 3, p. 285-295, 2013.

Hijano, N. **Interferência de Capim-camalote em cana-de-açúcar e seletividade de indaziflam e indaziflam+metribuzin aplicados em cana-de-açúcar no sistema MPB.** Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP, Brasil, 2016.

Kawamoto, E. K.; Leite, S. M. M.; Souza, L. S. Avaliação da Seletividade de indaziflam em umdas pré-brotadas de cana-de-açúcar. **Unimar Ciências,** v. 27, n. 1-2, 2018.

Landell, M. G. A. et al. **Sistema de multiplicação de cana-de-açúcar com uso de mudas pré-brotadas (MPB), oriundas de gemas individualizadas** (Documento 109). Campinas, SP, Instituto Agronômico de Campinas. 2012.

Li, Y.; Liu, X.; Wu, X.; Dong, F.; Xu, J.; Pan, X.; Zheng, Y.

Effects of biochars on the fate of acetochlor in soil and its uptake in maze seedling. **Environmental Pollution**, v. 241, n. 10, p. 710-719, 2018.

Maia, C. M. B. F.; Lima, R. M.; Guiotoku, M. Efeito da temperatura final de carbonização nas propriedades físico-químicas do biocarvão da fibra do coco. **Comunicado Tecnico 323**, EMBRAPA, Colombo, PR, 2013.

Mendes, K. F.; Olivatto, G. P.; Sousa, R. N.; Junqueira, L. V.; Tornisielo, V. L. Natural biochar effect on sorption-deserption and mobility of diclosulam and pendimethalin in soil. **Geoderma**, v. 347, n. 1, p.118-125, 2019.

Neto, A. R. R.; Azania, C. A. M.; Borges, I. S.; Vitorino, R.; Marchine, M.; Azania, A. P. Tolerância de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar a herbicidas aplicados em pré-plantio. **Anais do IX Workshop de Agroenergia**, Ribeirão Preto, SP, Brasil. 2015.

Noldin, J. A.; Hermes, L. C.; Fay, E. F.; Eberhardt, D. S.; Rossi, M. A. Persistência do herbicida clomazone no solo e na água quando aplicado nacultura do arroz irrigado, sistema pré-germinado. **Planta Daninha**, v. 19, n. 3, p. 14-18, 2001.

Obara, F. E. B.; Brunharo, C. A. C. G.; Melo, M. S. C.; Nicolai, M.; Christoffoleti, P. J. Seletividade da associação dos herbicidas imazapic e imazapyr aplicada em diferentes estádios de desenvolvimento da cana-de-açúcar. **Nucleus**, v. 12, n. 1, 2015.

Orzari, I. **Efeito de herbicidas no desenvolvimento inicial de cana-de-açúcar e lixiviação, absorção e translocação de diurom**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de São Carlos, Araras, SP, Brasil. 2015.

Pacheco, L. C. P. S.; Damin, V.; Naves, S. S. Comportamento do herbicida clomazone aplicado em solos do Cerrado determinado por bioensaio. **Anais do XXXV Congresso brasileiro de ciência do solo**, Natal, RN, Brasil. 2015.

Pacheco, L. C. P. S. **Atividade de herbicidas pré-emergentes em solos do Cerrado, na presença e ausência de resíduos orgânicos**. Tese de doutorado, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, Brasil. 2017.

Perez, L. L. **Seletividade de sulfentrazone e clomazone aplicados em pré-plantio das mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar CTC 11**. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil, 2017.

Regitano, J. B.; Bischoff, M.; Lee, L. S.; Reichert, J. M.; Urco, R. F. Retention of imazaquin in soil. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 16, n. 3, p. 397-404, 1997.

Sabbag, R. S.; Monquero, P. A.; Hirata, A. C. S.; Santos, P. H. V. Crescimento inicial de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar submetidas a aplicação de herbicidas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 16, n. 1, p. 38-49, 2017.

Senseman, SA. **Herbicide Handbook.** Lawrence, USA: Weed Science Society of America. 2007.

Silva, M. R. F. et al. Impact of percentage and particle size of sugarcane biochar on the sorption behavior of clomazone in Red Latosol. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2018.

Silva, R. P.; Torres, B. A.; Santos, P. H. V.; Souza, J. L.; Monquero, P. A. Uso de herbicidas no controle de plantas daninhas e em mudas pré-brotadas (MPBS) de diferentes variedades de cana-de-açúcar. **Revista brasileira de herbicidas**, v. 18, n. 1, p. 1-9. 2019.

Soni, N.; Leon, R. G.; Erickson, J. E.; Ferrell, J. A.; Silveira, M. L. Biochar Decreases Atrazine and Pendimethalin Pre emergence Herbicidal Activity. **Weed Technology**, v. 29, n. 3, p.359-366, 2015.

Velini, E. D.; Osipe, R.; Gazziero, D. L. P. **Procedimentos para a instalação e análise de experimentos com herbicidas,** Londrina, PR: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas.1995.

Xu, T.; Lou, L.; Lou, L.; Cao, R.; Duan, D.; Chen, Y. Effect of bamboo biochar on pentachloro phenolle achability and bioavailability in agricultural soil. **Science of The Total Environment***,* v. 414, n. 3, p.727-731, 2012.

Yavari, A.; Malakahmad, A.; Sapari, N.; Yavari, S. Synthesis optimization of oil palm empty fruit bunch and rice husk biochars for removal of imazapic and imazapyr herbicides. **Journal of Environmental Chemical Engineering***,* v. 4, n. 4, p. 3981-3989, 2016.